CEA 2330 - PRADEL J., BILLARD F., MIRIBEL J., GANGLOFF A. PUYBARAUD Y., TAYEB G.

LA PROSPECTION DE L'URANIUM PAR LE RADON (1963)

Sommaire. - Le radon qui diffuse dans le sol et migre dans l'atmosphère constitue un traceur radioactif naturel. L'étude de son dégagement peut apporter de précieux renseignements sur la teneur en uranium et la structure des roches dont il est issu. De nombreux auteurs ont donc proposé la prospection des gisements d'uranium par le radon. Trois méthodes d'analyse ont été successivement utilisées au C.E.A. : la méthode d'accumulation dans un trou, la méthode de prélèvement instantané dans le sol et la méthode de prélèvement par balayage. Seule, la dernière s'est montrée intéressante et a fait l'objet d'études systématiques. Elle consiste à balayer le récipient de mesures par de l'air aspiré dans le trou de sonde et à mesurer les variations de l'activité en fonction du temps et du volume aspiré avec un appareil portatif utilisant la scintillation d'une fiole sulfurée.

Une première série de mesures a permis de mettre au point l'appareil (débit, profondeur du trou, sonde scintillante) et de séparer l'activité du thoron de celle du radon en faisant deux mesures à 54 secondes

./.

CEA 2330 - PRADEL J., BILLARD F., MIRIBEL J., GANGLOFF A., PUYBARAUD Y., TAYEB G.

URANIUM PROSPECTION USING RADON (1963)

Summary. - The radon which diffuses in the ground and which migrates in the atmosphere is a naturel radio-active tracer. The study of its production can give useful information on the uranium content and structure of the rocks from which it comes. Numerous authors have therefore suggested that uranium deposits be prospected by means of this radon. Three analytic methods have been used successively by the C.E.A. : the method of accumulation in a hole, the method of instantaneous sampling in the ground, and the method of sampling by scanning. Only the last has proved interesting and has been the object of systematic studies. It consists in purging the measurement recipient with air drawn from the probe and in measuring the variations in activity with time and with the volume drawn up, using a portable apparatus producing scintillations in a sulphuretted flask.

The first series of measurements made it possible to develop an apparatus (flow rate, hole depth, scintillating probe) and to distinguish

./.

d'intervalle. Une campagne systématique de prélèvements a ensuite été effectuée. Elle a permis de montrer la bonne reproductibilité des résultats obtenus, et une bonne concordance avec les méthodes traditionnelles. Ce procédé est le meilleur dans les terrains présentant de forts recouvrements.

En annexe, le détecteur et son mode opératoire sont brièvement décrits et les premiers résultats d'un essai de prospection émanométrique sur la division minière de Vendée sont donnés.

---

between the activities of the thoron and of the radon by making two measurements at an interval of 54 seconds. A campaign of systematic sampling was then carried out. It made it possible to show the good reproducibility of the results obtained and the good agreement with conventional methods. This method is the best one for areas having large overlap.

In the appendix the detector and its mode of use are briefly described, and the first results of an emanometric prospection test in the Vendée mining division are given.

PREMIER MINISTRE
COMMISSARIAT A
L'ÉNERGIE ATOMIQUE

LA PROSPECTION DE L'URANIUM PAR LE RADON

par

J. PRADEL, F BILLARD, J. MIRIBEL,
A. GANGLOFF, Y. PUYBARAUD, G. TAYEB

Rapport C.E.A. n°2330

CENTRE D'ETUDES
NUCLÉAIRES DE SACLAY

- Rapport C.E.A. n° 2330 -

Service de Contrôle des Radiations
et de Génie Radioactif
Département des Prospections et Recherches Minières

LA PROSPECTION DE L'URANIUM PAR LE RADON

par

J. PRADEL, F. BILLARD, J. MIRIBEL,
A. GANGLOFF, Y. PUYBARAUD, G. TAYEB

- 1963 -

LA PROSPECTION DE L'URANIUM PAR LE RADON

INTRODUCTION

Par filiation radioactive, l'uranium donne naissance à un radioélément gazeux, le radon, de période 3,8 jours. Une partie du radon formé dans les roches contenant de l'uranium est susceptible de diffuser dans le sol et de migrer dans l'atmosphère. Le radon constitue ainsi un traceur radioactif naturel; l'étude de son dégagement peut apporter de précieux renseignements sur la teneur en uranium et la structure des roches dont il est issu. De nombreux auteurs se sont intéressés à cette question et ont proposé des méthodes de prospection de gisements d'uranium par le radon. Les Russes utilisent couramment une méthode dite d'Emanométrie "qui consiste à mesurer au moyen d'un électromètre la concentration en radon de l'air aspiré dans des sondages systématiquement implantés sur le terrain.

C'est en 1954 que nous nous sommes intéressés au dégagement du radon du sol. Trois méthodes d'analyse ont été successivement utilisées :

- méthode d'accumulation dans un trou,
- méthode de prélèvement instantané dans le sol,
- méthode de prélèvement par balayage.

Ce rapport a pour but de faire le point des études entreprises.

METHODE D'ACCUMULATION DANS UN TROU

Cette méthode consiste à laisser le radon s'accumuler pendant 24 heures dans un trou creusé à l'aide d'une barre à mine et obturé par un bouchon, puis à prélever et à analyser un échantillon de l'air du trou. Elle fut la première utilisée[1)] au cours de plusieurs campagnes

---

1) J. PRADEL - La prospection de l'uranium par le radon.
Rapport C.E.A. n° 588 - 1956

de prospection effectuées sur les divisions minières du C.E.A. en 1956, 1957, 1958. Les teneurs en radon étaient mesurées à l'origine au moyen de chambres d'ionisation et ultérieurement par scintillations au moyen de ballons en verre de 500 cm^3 sulfurés intérieurement[2].

Ces campagnes de prospection ont donné des résultats en général décevants, les tentatives d'interprétation géologique qui ont été effectuées s'avérant peu convaincantes. C'est alors qu'une étude systématique de la reproductibilité des mesures fut décidée. A cet effet, un réseau d'expérimentation comportant 32 trous espacés de 10 mètres fut implanté au Forez. Les prélèvements étaient effectués quotidiennement dans chaque trou. Une grande dispersion des résultats fut constatée : les activités des prélèvements dans un même trou fluctuaient dans de très larges limites, 1 à 10 en général, 1 à 100 pour certains trous (figure 1).

Diverses modifications ont été apportées à la méthode pour tenter de réduire cette dispersion : approfondissement des trous, modification du temps d'accumulation, amélioration des bouchons, etc. Aucun résultat n'a été obtenu. Il a donc été nécessaire de changer de méthode.

II- METHODE DE PRELEVEMENT INSTANTANE DANS LE SOL

Cette méthode, qui se rapproche de la méthode russe d'émanométrie, consiste à enfoncer dans le sol une sonde métallique et à prélever aussitôt 125 cm^3 d'air du sol dans une fiole en verre, sulfurée intérieurement; les mesures sont effectuées 3 heures plus tard par scintillations. Cette méthode fut appliquée systématiquement au réseau d'expérimentation : les mesures étaient aussi fluctuantes que précédemment. Ces fluctuations furent attribuées aux variations des paramètres physiques caractéristiques du sol et de l'atmosphère.

A cet effet, des essais de correction des mesures par comparaison avec des trous témoins furent effectués sans résultat. Aucune corrélation évidente entre les mesures d'activité et les paramètres physiques, pression dans le sol, humidité et température du sol, paramètres météorologiques, ne put être établie, bien que 10 000 mesures aient été faites au total pendant 2 ans.

Pour mieux étudier ces fluctuations, un prélèvement continu avec enregistrement de l'activité en radon fut effectué dans un trou de sonde (figure 2); seules, des variations de faible amplitude de l'activité enregistrée furent observées (figure 3); on ne trouva plus trace des fluctuations considérables d'activité des prélèvements journaliers sauf en cas de gel (figure 4). Cette expérience nous conduisit alors à étudier une troisième méthode de prélèvements.

---

2) J. PRADEL et F. BILLARD - Le thoron et les risques associés dans la manipulation des composés du thorium.
Conférence de Genève de 1956 - p. 338

III- METHODE DE PRELEVEMENTS PAR BALAYAGE

La méthode consiste à balayer le récipient de mesure d'activité par de l'air aspiré dans le trou de sonde. La mise au point concomitante d'un appareil portatif de mesure par scintillations de l'activité d'une fiole sulfurée de 125 cc nous a permis de noter au cours du balayage les variations de l'activité prélevée en fonction du temps et donc du volume aspiré. Une courbe a été tracée pour chaque trou du réseau d'expérimentation; nous avons observé pour certains trous une croissance lente de l'activité prélevée jusqu'à une valeur stable, pour d'autres trous au contraire, une croissance rapide de l'activité jusqu'à un maximum, suivie d'une décroissance lente jusqu'à une valeur stable (figure 5). La forme de la courbe dépend probablement de la nature et de l'humidité de la couche superficielle du sol qui fait plus ou moins écran au dégagement du radon. Dans tous les cas, le palier d'activité semble atteint après passage d'un volume de balayage de 15 à 20 litres. Nous avons retenu comme valeur de l'activité caractéristique d'un trou de sonde la valeur de l'activité de ce palier. Les différences d'allure observées dans la première partie des diverses courbes expliquent les fluctuations considérables des activités des prélèvements instantanés. Il est à noter que les Russes ont également constaté qu'il était impossible de faire des mesures valables en début de pompage[1)].

L'étude de reproductibilité des mesures a été reprise sur un nouveau réseau d'expérimentation établi en Vendée. A titre de comparaison, nous avons utilisé en parallèle la méthode de prélèvement instantané et de prélèvement par balayage.

Les variations de concentrations enregistrées dans la méthode par balayage furent beaucoup plus faibles que précédemment : 1 à 1,5 au maximum (figure 6). Ces variations sont probablement liées aux variations des paramètres physiques caractéristiques du sol et de l'atmosphère. Les fluctuations des activités mesurées par prélèvements instantanés semblent moins importantes que celles observées lors des études précédentes; les balayages quotidiens effectués par l'autre méthode dans chaque trou de sonde peuvent probablement expliquer ce fait.

L'influence de la profondeur du trou de sonde sur le dégagement du radon a été également étudiée à l'aide de prélèvements à 30 cm, 60 cm et 90 cm. Nous avons observé que : (figure 7)

- la plupart du temps, l'activité croît avec la profondeur,
- les fluctuations dues aux paramètres atmosphériques diminuent avec la profondeur.

IV- APPLICATION A LA PROSPECTION

a) Campagnes préliminaires

Encouragés par les résultats de l'étude précédente, nous avons décidé la réalisation d'un appareil adapté à la mesure rapide par la méthode de balayage de l'activité du radon dans le sol,

---

1) V.V.TCHERDINDZEV - Méthode de détermination du thoron dans l'air du sol - Traduction C.E.A. n° 86

en vue des applications à la prospection par le radon. Nos efforts se sont portés sur le choix d'une méthode de pompage de l'air dans le sol, susceptible de faire passer dans l'appareil une vingtaine de litres d'air en un temps suffisamment court et malgré la résistance du terrain. Les appareils électriques ont dû être écartés en raison de la faible autonomie et du poids des batteries d'accumulateurs nécessaires.

Les ventilateurs à main n'ont pas pu être utilisés à cause de la forte perte de charge du terrain. Une pompe à main a été essayée : l'effort exigé du manipulateur et le temps passé pour chaque mesure se sont révélés trop importants. Nous avons donc adopté un système de trompe à air comprimé, décrit en annexe 1 qui nous a donné satisfaction par la suite.

La sonde de prélèvement a fait l'objet d'études minutieuses; nous avons finalement renoncé à utiliser l'appareil combiné, photographié sur la figure 8, permettant à la fois la pénétration dans le sol et le prélèvement, en raison de son encrassage dans les terrains très secs. L'appareillage adopté, très simple de principe, décrit en annexe 1, donne satisfaction.

La profondeur des trous de sonde a été fixée à 60 cm pour une prospection normale. Ce choix a été un compromis entre deux impératifs :

- descendre à une profondeur suffisante pour éviter une trop forte influence des paramètres atmosphériques
- forer un trou assez peu profond afin de ne pas nuire à la rapidité de la méthode.

Toutefois, cette profondeur n'est pas une limite et, dans le cas des terrains à fort recouvrement, il est préférable de descendre à 90 cm ou plus si cela est possible afin d'augmenter la sensibilité de la méthode.

Nous avons choisi comme récipient scintillant de mesure, une fiole sulfurée intérieurement de 125 cm^3 du même type que celles qui sont utilisées en grande série pour la protection dans les mines d'uranium; ces fioles présentent l'avantage d'être facilement transportables en raison de leur faible volume et de leur bonne résistance mécanique, facilement remplaçables en cas de contamination et d'un prix de revient modéré (annexe 1)

L'appareil de mesure ne comporte pas de numérateur dont l'usage ne permettait pas de suivre la variation de l'activité radon. En revanche, il comporte un manomètre qui permet de contrôler le volume d'air passé dans l'appareil.

Cet appareil permet 100 mesures par jour à la maille 25 m x 25 m et 200 mesures à la maille 10 m x 10 m.

Des modifications de détail ont été apportées de façon à permettre son utilisation comme appareil de contrôle des teneurs en radon au fond de la mine, ce qui augmentera ses possibilités de diffusion et donc son prix de revient (voir annexe 1).

Plusieurs campagnes de prospection ont été récemment effectuées au moyen de cet appareil en Vendée. Plus de 5 000 mesures ont été faites à ce jour. Elles ont permis de vérifier le bon principe de fonctionnement de l'appareil, à quelques points de détail près, pour lesquels nous avons réalisé au fur et à mesure les améliorations nécessaires, en particulier en ce qui concerne les venues d'eau dans l'appareil.

La première de ces campagnes a été effectuée au moyen de deux équipes travaillant avec des appareils identiques et se succédant à un jour d'intervalle. Une bonne concordance des résultats a été observée, corroborant ainsi les essais de reproductibilité qui ont été décrits plus haut.

Au cours de cette campagne, nous avons pu constater dans certains trous de sonde un dégagement de thoron, isotope du radon, de la famille du thorium et de période 54 secondes. Une recherche systématique a été entreprise par une méthode décrite en annexe 1, qui consiste simplement à effectuer un deuxième comptage, 54 secondes après la fin du prélèvement. Le thoron, normalement associé dans la roche au radon, diffuse beaucoup moins loin en raison de sa courte période. On peut donc en déduire de la présence de thoron la proximité de la roche mère. La recherche du thoron doit ainsi permettre de distinguer les indices de surface des indices de profondeur.

b) Campagne systématique (voir rapport détaillé en annexe 2)

L'émanomètre est utilisé en prospection systématique sur la bordure sud du batholite de granite de Mortagne, dans la zone de contact granite-métamorphique, caractérisée par la rareté des affleurements, un recouvrement important et la présence de minéralisations riches, mais ponctuelles.

Au départ, l'étude a été faite à la maille de 10 m x 5 m sur une surface déjà étudiée par les méthodes classiques : tous les points minéralisés connus ont été largement mis en évidence, et de nouveaux ont été trouvés. De plus, il s'est dégagé du levé des structures constituées essentiellement de deux axes parallèles NO-SE espacés de 160 m et réunis par des directions N 10° à 30° O. Compte-tenu de la largeur des anomalies, la reconnaissance a été poursuivie à une maille carrée de 25 m et de nouvelles minéralisations ont été décelées vers le Nord-Ouest et le Sud-Est.

En résumé, on peut tirer les conclusions suivantes de ces débuts de prospection émanométrique :

- il faut un minimum de recouvrement pour que la mesure soit valable,
- le gros inconvénient de la méthode est l'impossibilité de travailler dans des terrains très humides,
- le contraste des valeurs trouvées est élevé. Les anomalies se détachent bien sur un "fond" très faible : les valeurs moyennes dégageant les structures et les fortes, la minéralisation proche,
- les anomalies sont suffisamment larges pour permettre une maille de prospection assez grande. Cependant, les essais ont eu lieu sur les migmatites et il semble que les anomalies soient plus réduites dans le granite.
- leurs valeurs trouvées sont stables dans le temps.

CONCLUSIONS

Les dernières campagnes effectuées au moyen de l'appareil décrit plus haut sont trop récentes pour que la méthode de prospection par le radon proposée soit définitivement jugée.

Cependant, il semble qu'une bonne concordance avec les méthodes traditionnelles ait été constatée. La méthode paraît la plus susceptible de fournir des résultats intéressants dans le cas des terrains présentant de forts recouvrements. Nous espérons d'autre part que la recherche systématique du thoron dont il a été fait mention plus haut apportera des renseignements précieux sur la profondeur de l'indice relevé. Les campagnes en cours ou projetées permettront probablement de décider de l'intérêt de la méthode.

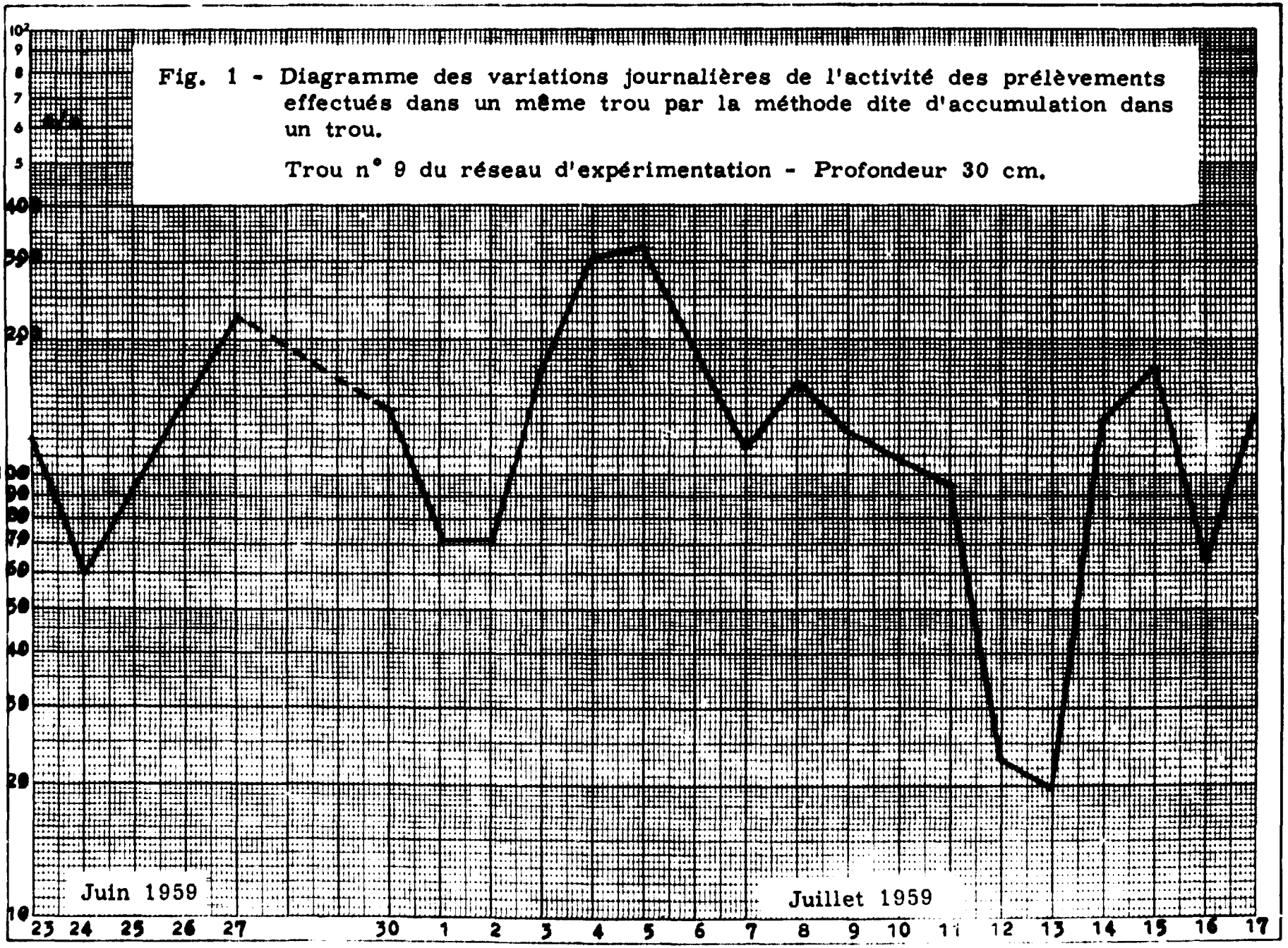


Fig. 1 - Diagramme des variations journalières de l'activité des prélèvements effectués dans un même trou par la méthode dite d'accumulation dans un trou.

Trou n° 9 du réseau d'expérimentation - Profondeur 30 cm.

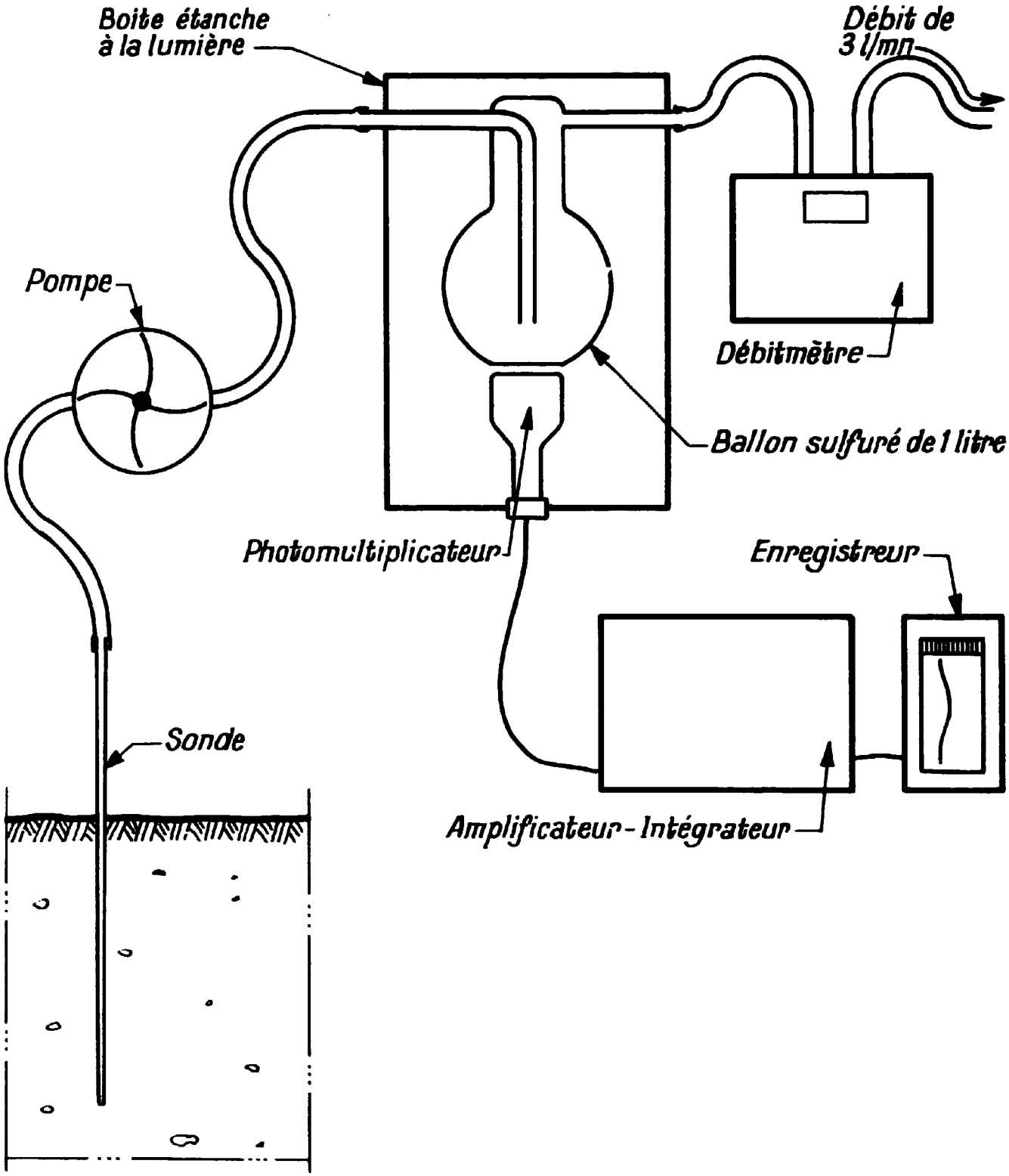


Fig. 2 - Schéma de l'installation de prélèvement continu dans un trou de sonde avec enregistrement de l'activité en radon

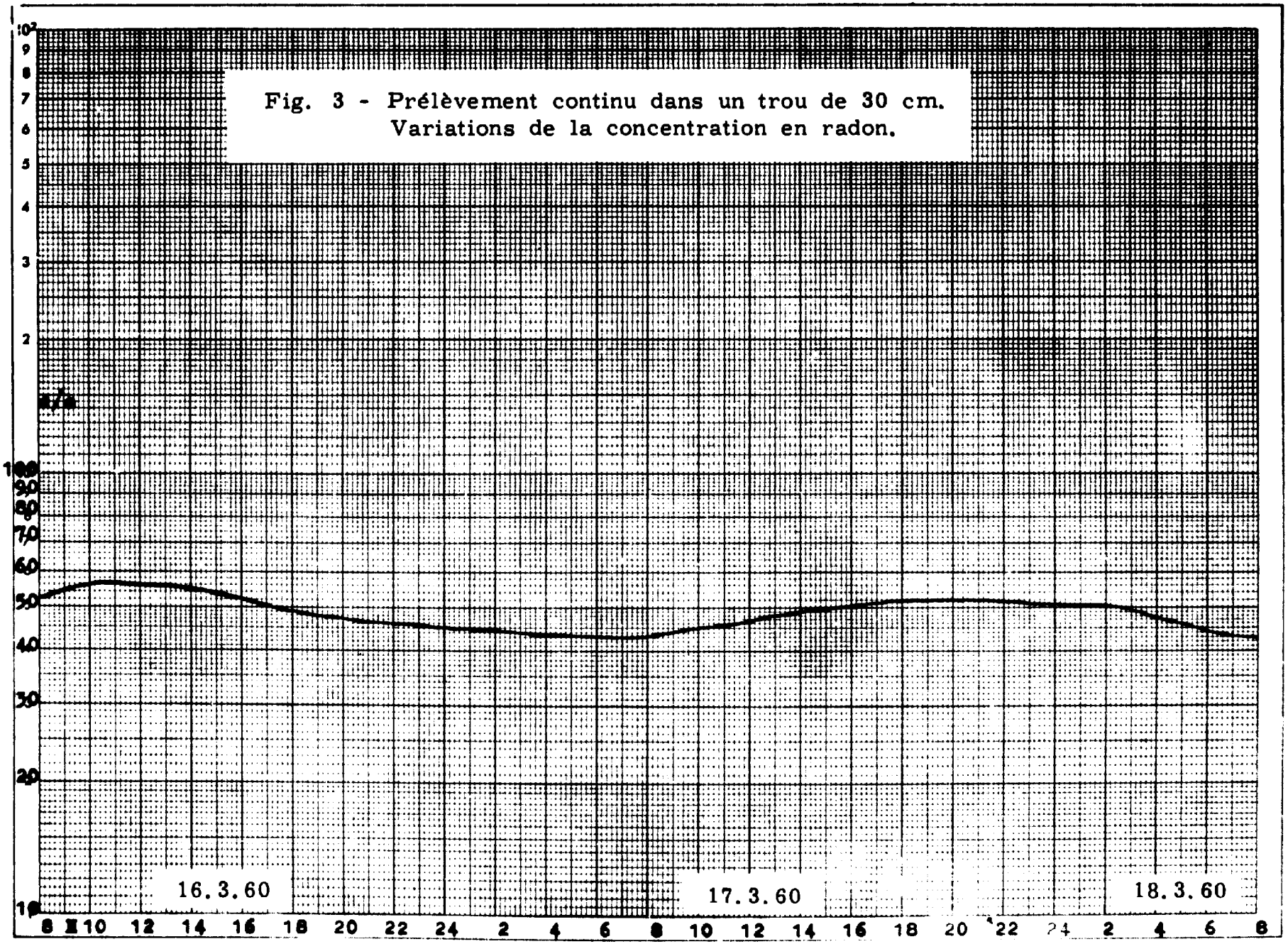


Fig. 3 - Prélèvement continu dans un trou de 30 cm.
Variations de la concentration en radon.

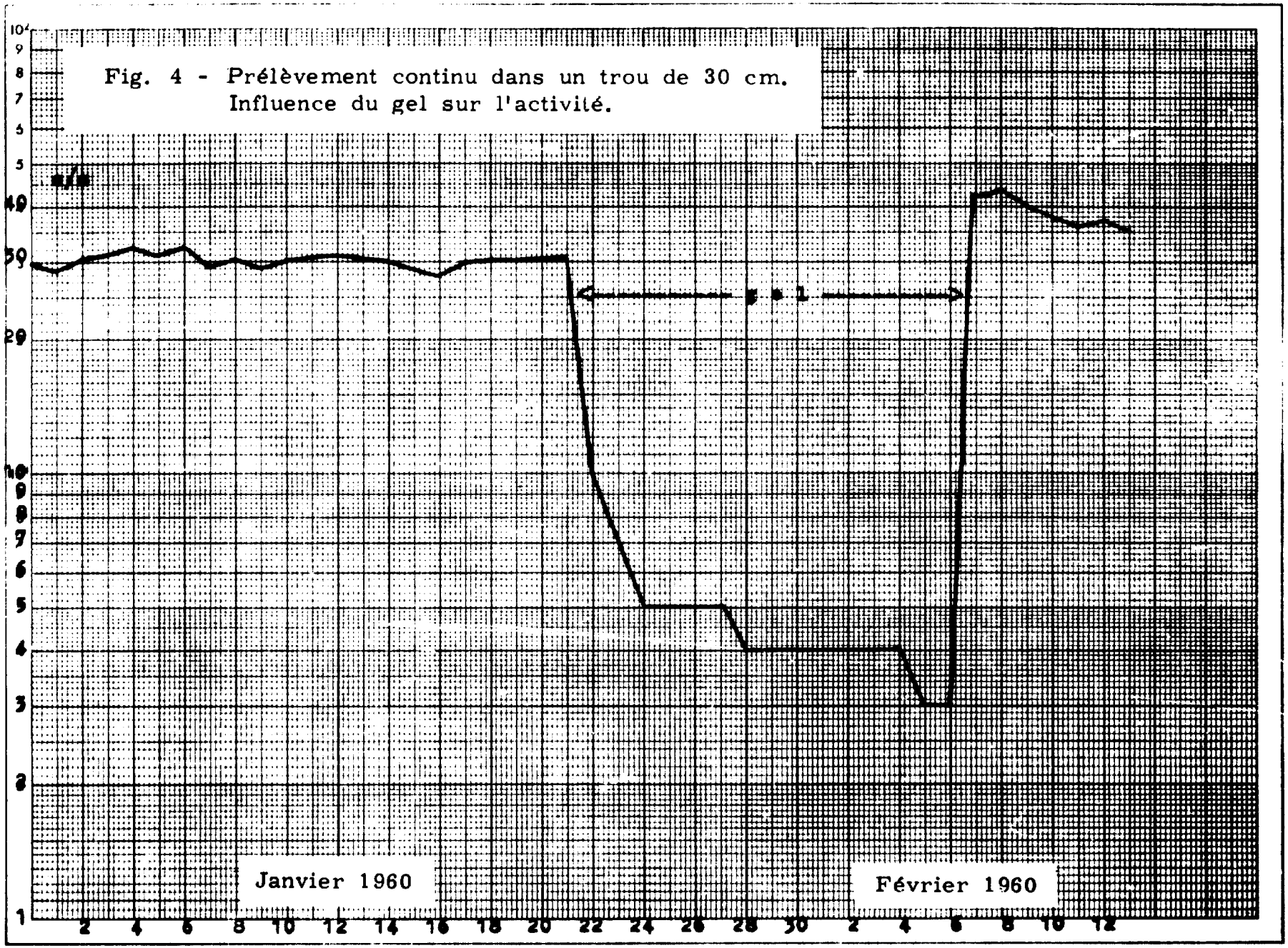


Fig. 4 - Prélèvement continu dans un trou de 30 cm.
Influence du gel sur l'activité.
Janvier 1960
Février 1960

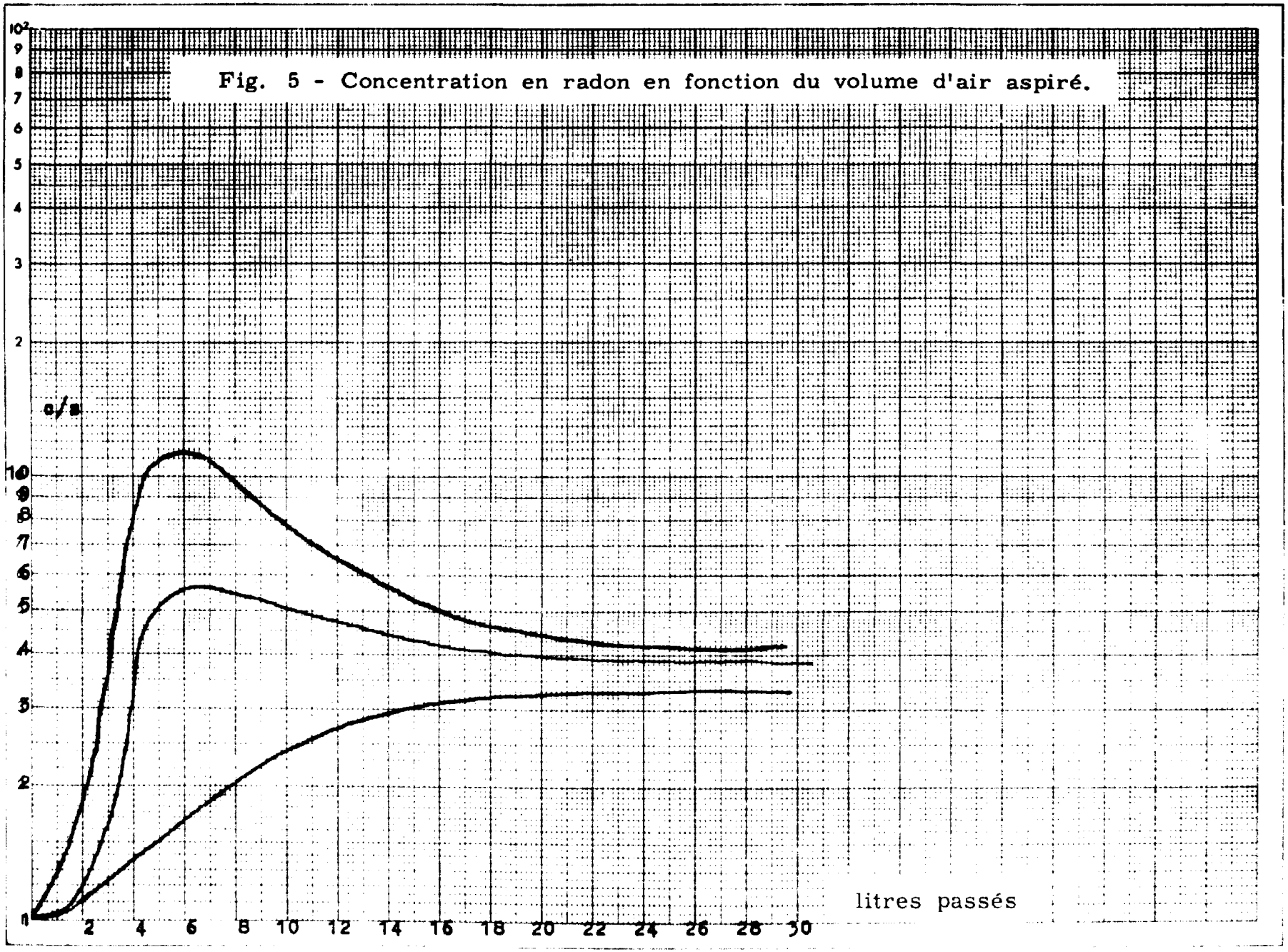


Fig. 5 - Concentration en radon en fonction du volume d'air aspiré.
litres passés

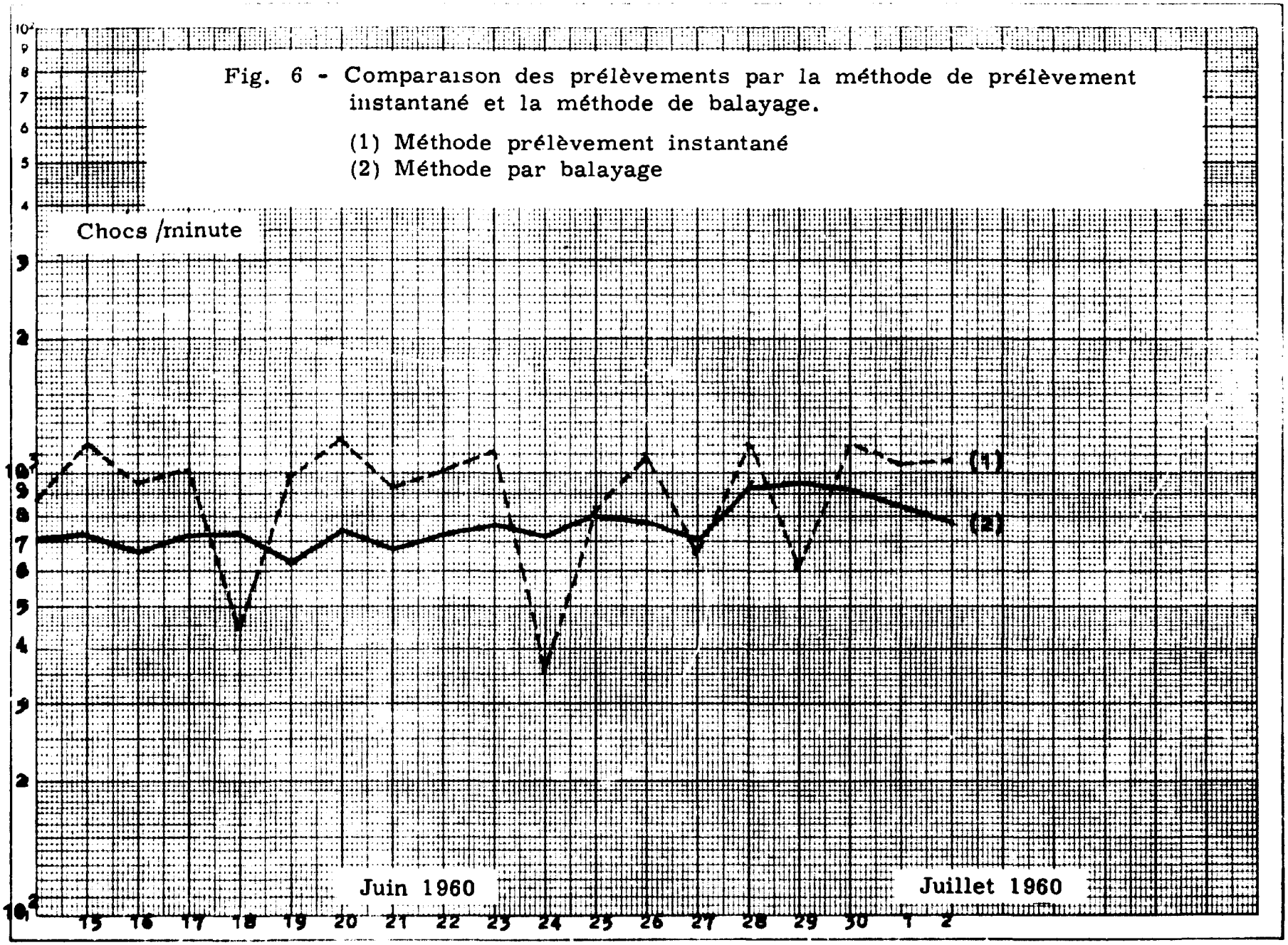


Fig. 6 - Comparaison des prélèvements par la méthode de prélèvement instantané et la méthode de balayage.

(1) Méthode prélèvement instantané
(2) Méthode par balayage

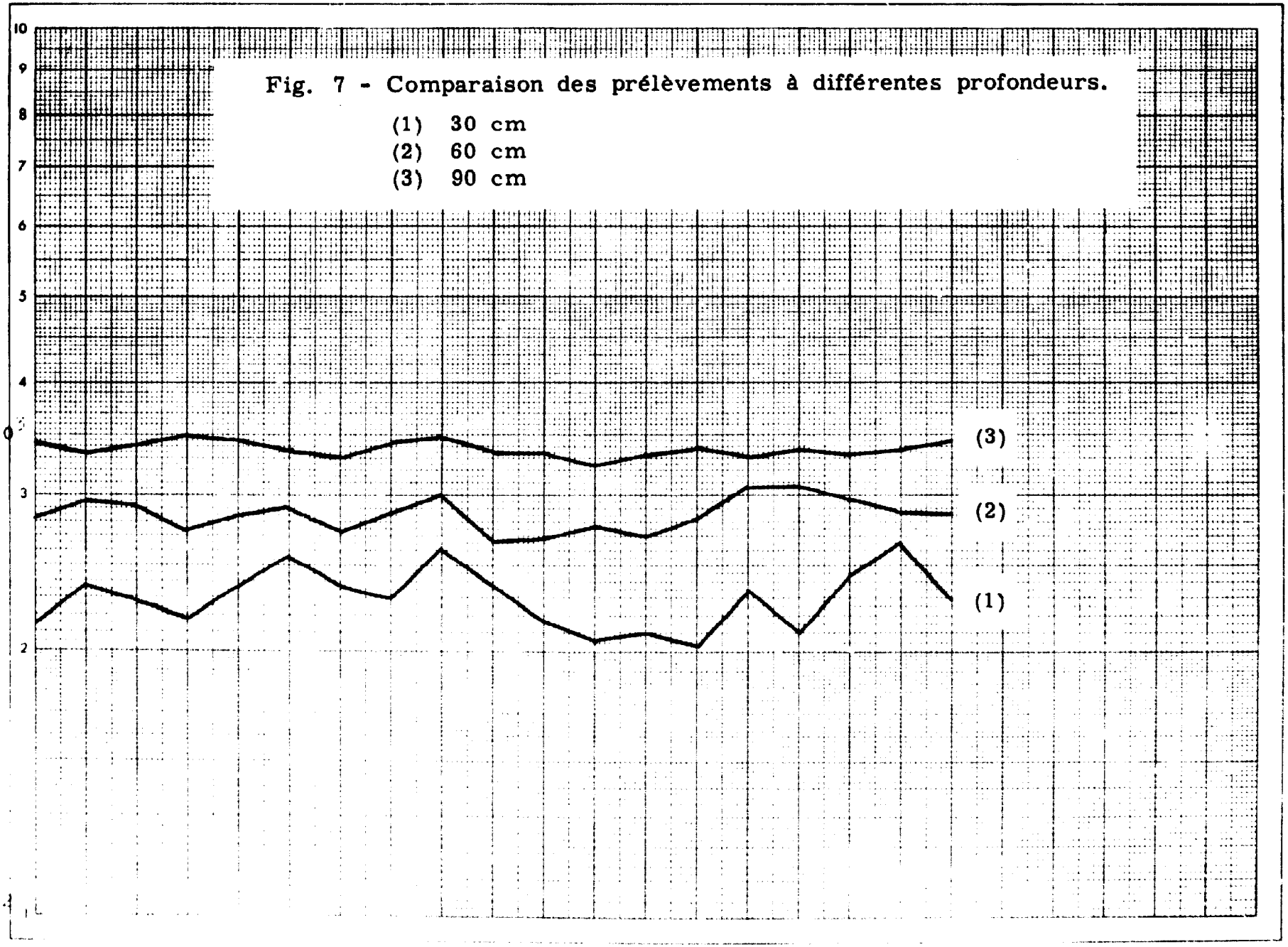


Fig. 7 - Comparaison des prélèvements à différentes profondeurs.

(1) 30 cm
(2) 60 cm
(3) 90 cm

ANNEXE 1

APPAREIL PORTATIF DE PROSPECTION RADON
EMANOMETRE

par MM. MIRIBEL et BELVAL

A - DESCRIPTION

L'appareil est constitué principalement par : (figures 8-9-10-11)

- une sonde de prélèvement,
- un appareil portatif de mesure de l'activité comportant également le dispositif d'aspiration,
- une bouteille d'air comprimé alimentant le dispositif d'aspiration.

I - SONDE DE PRELEVEMENT

Lors d'une campagne d'essais effectuée en mai 1960, nous avons constaté qu'il était préférable d'utiliser une sonde lourde faisant masse plutôt qu'une sonde légère enfoncée par percussion. Deux types de sonde ont été mis au point : la première combine les fonctions de foration et de prélèvement, dans la deuxième, ces fonctions sont séparées.

1) - Sonde combinée

Cette sonde pèse 12 kg et a une longueur totale de 1,22 mètre. Elle se compose de deux pièces qui s'emboîtent l'une dans l'autre :

- une pièce femelle constituée par un fleuret de mine de 1 m de longueur alésé intérieurement au diamètre de 10 mm et alourdi par une masse d'acier munie de poignées et comportant une rampe hélicoïdale,
- une pièce mâle constituée par une tige pleine de 10 mm de diamètre s'emboîtant dans l'alésage du fleuret et surmontée d'une masse métallique munie de poignées verrouillant sur la rampe hélicoïdale de la pièce femelle; cette tige est destinée à éviter le bourrage de terre dans la sonde lors de l'enfoncement. Unflexible raccorde la sonde à l'appareil portatif par l'intermédiaire d'un pot de décantation destiné à recueillir les venues d'eau intempestives.

D'autres dispositifs comportant des lumières latérales obturables ont été essayés sans succès.

2) Sonde à fonctions séparées

Cette sonde se compose de deux organes distincts :

- un outil de foration, composé d'une barre à mine de 26 mm de diamètre, alourdie par une masse métallique, munie de poignées; l'ensemble pèse 12 kg et mesure 1,20 m environ. Nous envisageons de remplacer cet outil de foration par un appareil plus léger (7kg) dont la masse mobile permet un enfoncement facile dans le sol. Cet outil est composé d'un tube (figure 12) métallique de ∅ 20-24, fermé à une extrêmité par une pointe en acier traité. Une tige alourdie à une extrêmité peut coulisser à l'intérieur. Dans le cas de terrains très argileux, on peut ajuster une "bague perdue" sur la pointe, ce qui permet de faire un trou de diamètre légèrement supérieur à celui du tube et de retirer ce dernier plus facilement.

- la sonde proprement dite, constituée par une pièce légèrement conique creuse de 30 mm de diamètre en duralumin, fendue en croix à son extrêmité inférieure et surmontée d'une cuve munie d'un flotteur à pointeau qui vient obstruer l'orifice d'aspiration en cas de venue d'eau dans la sonde; cette sonde pèse moins d'un kilo et mesure 90 cm; un flexible la raccorde à l'appareil portatif.

La sonde à fonctions séparées nous paraît préférable à la sonde combinée car, outre sa simplicité, elle présente les avantages suivants :

- séparation complète des fonctions de foration et de prélèvement et mesure, permettant une autonomie de déplacement de chacun des deux prospecteurs, donc un gain de temps;

- facilité d'entretien sur le terrain qui consiste simplement à passer de temps en temps une lame de couteau dans la fente en croix de la sonde, alors que pour la sonde combinée il est nécessaire de nettoyer l'alésage du foret au moyen d'un écouvillon et de vider périodiquement le pot de décantation.

Elle a été définitivement adoptée.

II - APPAREIL PORTATIF[1)]

Cet appareil se présente sous la forme d'un boîtier rectangulaire étanche de dimensions 320 x 130 x 150 et de poids 5,630 kg. Ce boîtier est peint en blanc de façon à éviter un échauffement excessif lorsqu'on travaille en plein soleil. Il renferme, d'une part, un circuit d'aspiration, d'autre part, l'appareillage électronique d'amplification et d'intégration. Le couvercle porte les appareils de mesure et les commandes.

---

1) L'appareil décrit ici est l'appareil expérimental. La Société SRAT construit actuellement un appareil définitif avec des caractéristiques légèrement différentes.

1) Circuit d'aspiration

Ce circuit comprend :

- une trompe à air "Bertin" type 1 s série 410 610, permettant d'aspirer 20 litres par minute sous une dépression de 100 mm de mercure. Cette trompe est alimentée en air comprimé à la pression de 3 kg/cm^2 par l'intermédiaire d'une vanne à bouton Pétrochimie, type demi TG, fixée sur le couvercle du boîtier,

- un manomètre différentiel fixé sur le couvercle, raccordé d'une part à l'aspiration de la trompe à air, d'autre part à l'atmosphère, et portant deux graduations, l'une en mm de mercure (0 à 400 mm Hg), l'autre en temps de balayage; cette dernière graduation a été établie à partir de la courbe caractéristique du débit de la trompe à air pour un volume de balayage de 20 litres.

- une chambre à scintillations, raccordée d'une part à l'aspiration de la trompe à air, d'autre part à la sonde de prélèvement, par l'intermédiaire d'un porte-filtre équipé d'un filtre Delbag dont le rôle est d'arrêter les particules de terre, les poussières et le dépôt actif du radon.

2) Appareillage électronique

L'organe de mesure se compose d'une fiole cylindroconique en verre Pyrex, de 125 cm^3 de volume, sulfurée intérieurement, semblable aux fioles fabriquées en série par nos laboratoires pour la mesure du radon dans les mines, et d'un photomultiplicateur DARIO 53 AVP; l'ensemble constitue un élément démontable de l'extérieur de l'appareil par rotation d'un quart de tour. L'alimentation en haute tension du photomultiplicateur d'une part, de l'intégrateur d'autre part, est constitué par des plaquettes transistorisées, à circuits imprimés facilement démontables. Le bloc alimentation se compose de 4 piles torches étanches de 1,5 volt.

En plus du manomètre et de la vanne à bouton, le couvercle du boîtier est équipé de :

- un microampèremètre portant deux graduations (0-10 et 0-30) sur lequel s'effectuent les lectures d'activité;

- un bouton sélecteur à 5 positions qui permet soit le contrôle de la tension d'alimentation fournie par les piles, soit la sélection de l'une des gammes d'activité suivantes[2] : 0-10 c/s, 0-30 c/s, 0-100 c/s, 0-300 c/s;

- un bouton poussoir de mise en marche qu'il faut maintenir pressé pendant la mesure et dont le rôle est d'éviter une mise en marche intempestive de l'appareil et, partant, une usure trop rapide des piles.

---

2) Dans la version définitive de l'appareil, les graduations ne seront plus en chocs/seconde mais en émanes.

Le fonctionnement de l'appareil est assuré, tant que la tension d'alimentation reste supérieure à 5,3 volts. La durée d'autonomie est alors de 30 heures de fonctionnement continu, ce qui correspond à 2000 mesures, soit environ 10 journées de travail à la maille 10 x 1' et 20 jours à la maille 25 x 25.

Afin d'éviter les fluctuations trop importantes de l'appareil de mesure, et compte tenu de la durée de balayage, une constante de temps d'intégration de 10 secondes environ a été adoptée.

L'expérimentation des premiers prototypes a démontré l'inutilité d'un numérateur pour les mesures de prospection. En effet, il est illusoire de rechercher une grande précision dans les mesures d'activité qui fluctuent alors entre 1 et 3 chocs/sec; lorsque l'activité des prélèvements croît, la précision s'améliore; dans tous les cas, la précision des mesures à l'intégrateur est amplement suffisante. En outre, l'utilisation d'un numérateur conduit à augmenter la durée des mesures, ce qui a pour inconvénients de diminuer la vitesse de rotation journalière et d'augmenter la pollution des fioles scintillantes par le dépôt actif du radon.

III - ALIMENTATION EN AIR COMPRIME

Une bouteille d'air comprimé sous pression de 200 kg/cm^2, de type "Spirolac", distribuée par la Spirotechnique, de 3 litres de volume et pesant 3,5 kg, alimente la trompe à air à une pression de 3 kg/cm^2 par l'intermédiaire d'un détendeur Spirotechnique. Lorsque la pression dans la bouteille s'abaisse à une valeur inférieure à 40 kg/cm^2, la pression en aval du détendeur chute et la caractéristique de débit de la trompe à air est modifiée. Pour remédier à cette imperfection, nous étudions actuellement un nouveau détendeur mieux adapté.

Les bouteilles peuvent être rechargées sur le terrain au moyen d'un compresseur spirotechnique type "Alizé", actionné par un moteur 2 temps à essence, dont le fonctionnement s'avère très satisfaisant à l'usage. On peut encore utiliser une version électrique de ce compresseur pour recharger en laboratoire un nombre de bouteilles suffisant pour toute une journée.

Le compresseur "Alizé" est très maniable puisqu'il est monté sur traineau, que ses dimensions hors tout sont de 690 x 290 x 360 et que son poids est de 28 kg seulement.

Il faut noter que les laboratoires de contrôle de radiations de toutes les divisions minières du C.E.A. sont déjà dotés de compresseurs Alizé qui pourraient être éventuellement utilisés à la charge des bouteilles nécessaires à la prospection.

B - MODE D'EMPLOI

La mise en oeuvre de l'appareil est assurée par une équipe de deux prospecteurs :

- Le premier transporte l'outil de foration; il effectue la foration du trou de sonde; il a également pour mission d'approvisionner le deuxième prospecteur en bouteilles de rechange et de contrôler le fonctionnement du compresseur lorsque celui-ci est placé sur le terrain;

- Le deuxième prospecteur porte sur son dos, au moyen d'un harnachement, la bouteille d'air comprimé et sur l'estomac l'appareil portatif; il transporte en outre à la main, la sonde de prélèvement. Il a pour mission d'effectuer le prélèvement, la mesure et la purge de la fiole sulfurée, et de noter les résultats.

I - MISE EN OEUVRE DE LA SONDE DE PRELEVEMENT.

Le premier prospecteur se déplace sur le terrain avec une avance d'un trou de sonde sur le deuxième prospecteur; au moyen de l'outil de foration, il effectue le trou de sonde. Le deuxième prospecteur enfonce dans ce trou la sonde. Aucun tassage au pied n'est nécessaire puisque le diamètre de la sonde est supérieur au diamètre de l'outil de foration.

En cas de venue d'eau excessive (supérieure à 300 cm^3) dans la cuve surmontant la sonde, le flotteur se soulève et ferme l'orifice d'aspiration. Il est en effet inutile d'effectuer une mesure dans un trou gorgé d'eau car la mesure ne serait pas significative. La cuve se vide automatiquement lorsqu'on extrait la sonde.

II - MODE D'EMPLOI DE L'APPAREIL PORTATIF.

1) Mise en oeuvre

La bouteille est reliée à l'appareil portatif par un flexible et un raccord rapide. Le robinet de la bouteille reste ouvert en permanence, la vanne à bouton assurant l'ouverture et la fermeture. Après 30 mesures effectuées avec la même bouteille, c'est-à-dire lorsque la pression dans la bouteille n'est plus que de 40 kg/cm^2 environ (limite fixée par l'utilisation du détendeur actuel[1]), il faut changer de bouteille. Pour ce faire, il suffit de refermer le robinet et de dévisser le détendeur et le collier de serrage de la bouteille sur l'armature support.

Si l'on constate que le bruit de fond du scintillateur atteint une valeur trop importante, ce qui se produit en moyenne une fois par jour, il est nécessaire de changer la fiole scintillante; pour ce faire, on dévisse d'un quart de tour le bouchon à bayonnettes de l'appareil portatif, on extrait l'ensemble photomultiplicateur-fiole scintillante et on change la fiole.

Il est prudent de changer quotidiennement le filtre placé à l'entrée de l'appareil, en dévissant la partie conique du porte-filtre.

Une vérification de l'usure des piles doit être effectuée périodiquement en plaçant le bouton sélecteur sur la position contrôle; si le microampèremètre indique une valeur inférieure à celle du repère rouge, il faut changer les piles.

---

1) Les nouveaux appareils fabriqués par la SRAT sont équipés de détendeurs permettant d'utiliser les bouteilles jusqu'à une pression de 7 kg/cm^2.

2) Mode opératoire

Le deuxième prospecteur enfonce dans le trou la sonde raccordée en permanence à l'appareil portatif. Cette opération étant effectuée, le deuxième prospecteur met en route la trompe à air en agissant sur la vanne à bouton, et l'appareil de mesure en appuyant sur le bouton poussoir. Il choisit la gamme de mesure appropriée à l'aide du bouton sélecteur, suit les variations de l'activité sur le microampèremètre et relève la valeur de stabilisation au bout d'un temps qui lui est indiqué par l'échelle des temps du manomètre. Il stoppe alors la trompe à air au moyen de la vanne à bouton et observe quelques secondes le microampèremètre pour déceler une éventuelle décroissance d'activité caractéristique du thoron. Si une telle décroissance est décelée, il devra relever une deuxième valeur de l'activité 54 secondes après l'arrêt de la trompe à air.

La sonde est ensuite retirée du trou, puis on effectue une chasse d'air de quelques secondes dans la fiole scintillante, pour limiter la contamination par le dépôt actif et l'on vérifie que le bruit de fond de la fiole reste acceptable.

III - MISE EN OEUVRE ET ENTRETIEN DU COMPRESSEUR ALIZE

On raccorde la bouteille au compresseur. Le robinet de purge du compresseur étant ouvert, on met en route le moteur. On ferme le robinet de purge et l'on attend avant d'ouvrir le robinet de la bouteille que le manomètre fixé sur le flexible de raccordement du compresseur indique une pression de 50 kg/cm^2 supérieure à la pression résiduelle de la bouteille. Lorsque la pression dans la bouteille atteint 190 kg/cm^2 environ, il faut fermer les robinets, purger et déconnecter la bouteille.

Le temps nécessaire pour le gonflage d'une bouteille est de 20 minutes. Il est prudent de laisser reposer le compresseur entre deux gonflages successifs.

Une étude systématique de la longévité et de l'entretien du compresseur Alizé a été faite. Aucune panne du compresseur ou du moteur n'a été observée au bout de 1000 heures de fonctionnement. L'entretien du moteur à explosions n'appelle aucune remarque particulière. Le niveau d'huile du compresseur doit être vérifié chaque jour. Au bout de 200 heures de fonctionnement, ce qui correspond au gonflage de 600 bouteilles et à la réalisation de 18000 mesures, c'est-à-dire à 3 mois de travail à temps complet d'une équipe de prospection, le compresseur doit être démonté et un rodage de soupape effectué.

C - OBSERVATIONS DIVERSES

1) L'appareil portatif permet d'effectuer au moins 100 mesures par jour avec une équipe de deux hommes, ce qui représente une surface prospectée de 5 hectares à la maille 25 x 25.

2) Pour présenter les résultats, il convient de tracer sur un papier quadrillé portant en abscisse une échelle logarithmique et en ordonnées une échelle gaussienne, le diagramme de

Henry de l'ensemble des mesures d'activité que l'on décompose ensuite en deux droites, l'une correspondant au "bruit de fond du terrain", l'autre aux anomalies radon. On choisit ensuite une échelle de coupure des valeurs d'activités mesurées. Puis on reporte ces valeurs sur un plan topographique de la zone étudiée et l'on trace les courbes isoanomalies correspondant à l'échelle de coupure.

Une autre méthode de présentation peut être utilisée, elle consiste à représenter l'activité en chaque point par un rectangle de teinte d'autant plus foncée que l'activité est plus forte, l'échelle des teintes étant déterminée comme précédemment au moyen des droites de Henry.

Une croissance rapide de l'activité en général liée à un maximum élevé révèle une accumulation de radon. Elle doit être notée en même temps que la valeur du trou. Si plusieurs trous voisins présentent cette caractéristique, il faut resserer la maille afin de mieux étudier l'anomalie.

Si l'on a décelé la présence de thoron dans certains trous, ce qui se traduit par le relevé de deux mesures d'activité A_1 et A_2 décalées de 54 secondes pour chacun de ces trous, il faut adopter comme valeurs de l'activité en radon :

$$A_R = 2 A_2 - A_1$$

et de l'activité en thoron :

$AT = 2 (A_1 - A_2)$. Il convient alors de tenir compte pour l'établissement du diagramme de Henry de la valeur AR de l'activité radon. Sur le plan topographique, on doit représenter l'activité au point considéré par l'activité radon A_R et noter au moyen d'un signe distinctif la présence de thoron.

3) La profondeur des trous de sonde doit être au minimum de 60 cm; dans les zones à fort recouvrement, la profondeur minimum doit être portée à 90 cm.

Dans les zones à très faible recouvrement, si la sonde ne peut être enfoncée qu'à moins de 30 cm, les prélèvements sont influencés par l'air extérieur, il faut donc agir avec prudence et considérer les résultats avec méfiance, les mesures risquant de ne pas refléter la réalité.

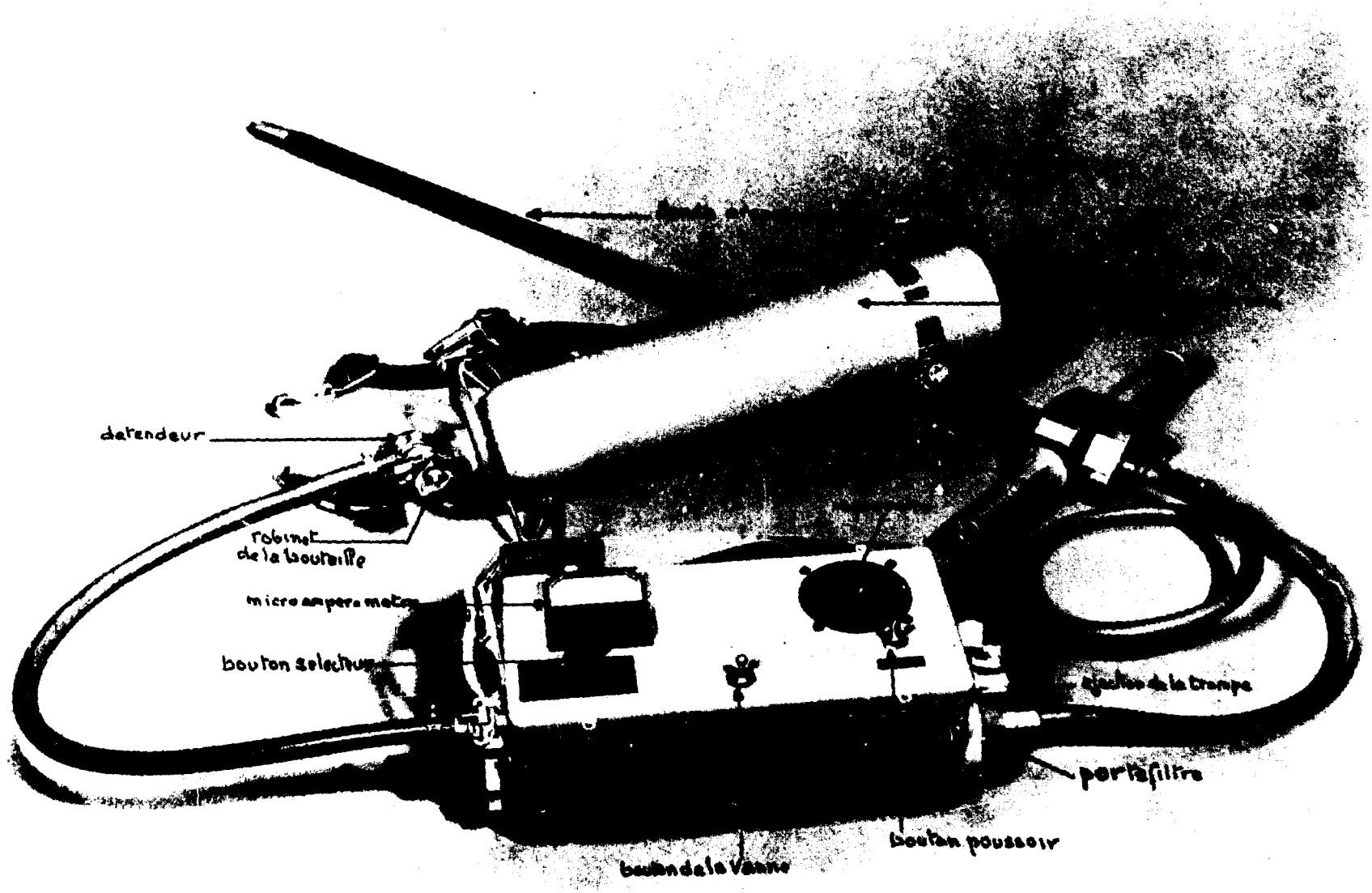


Fig. 8 - Appareil de protection par le radon

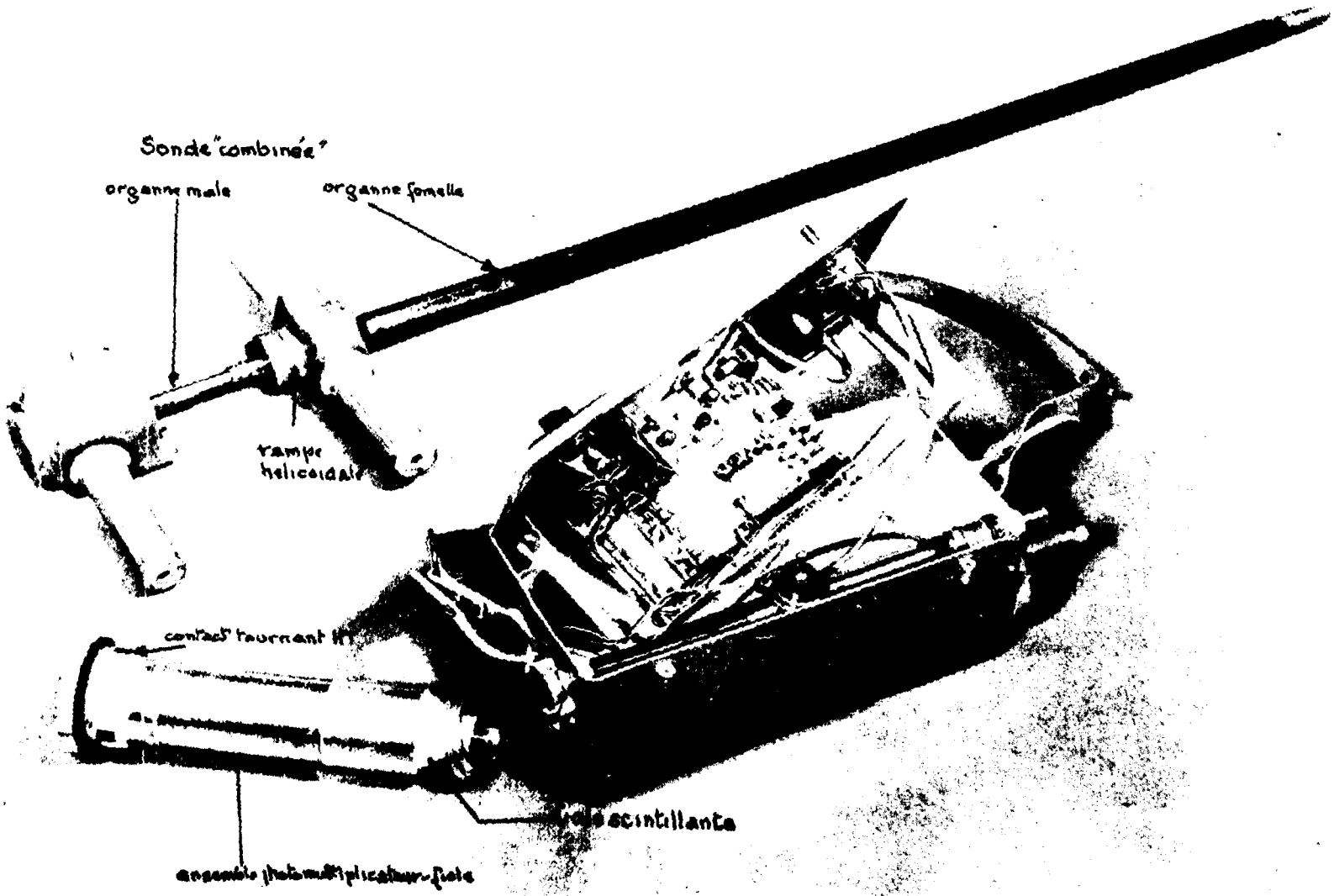


Fig. 9 - Appareil de prospection par le radon (détails)

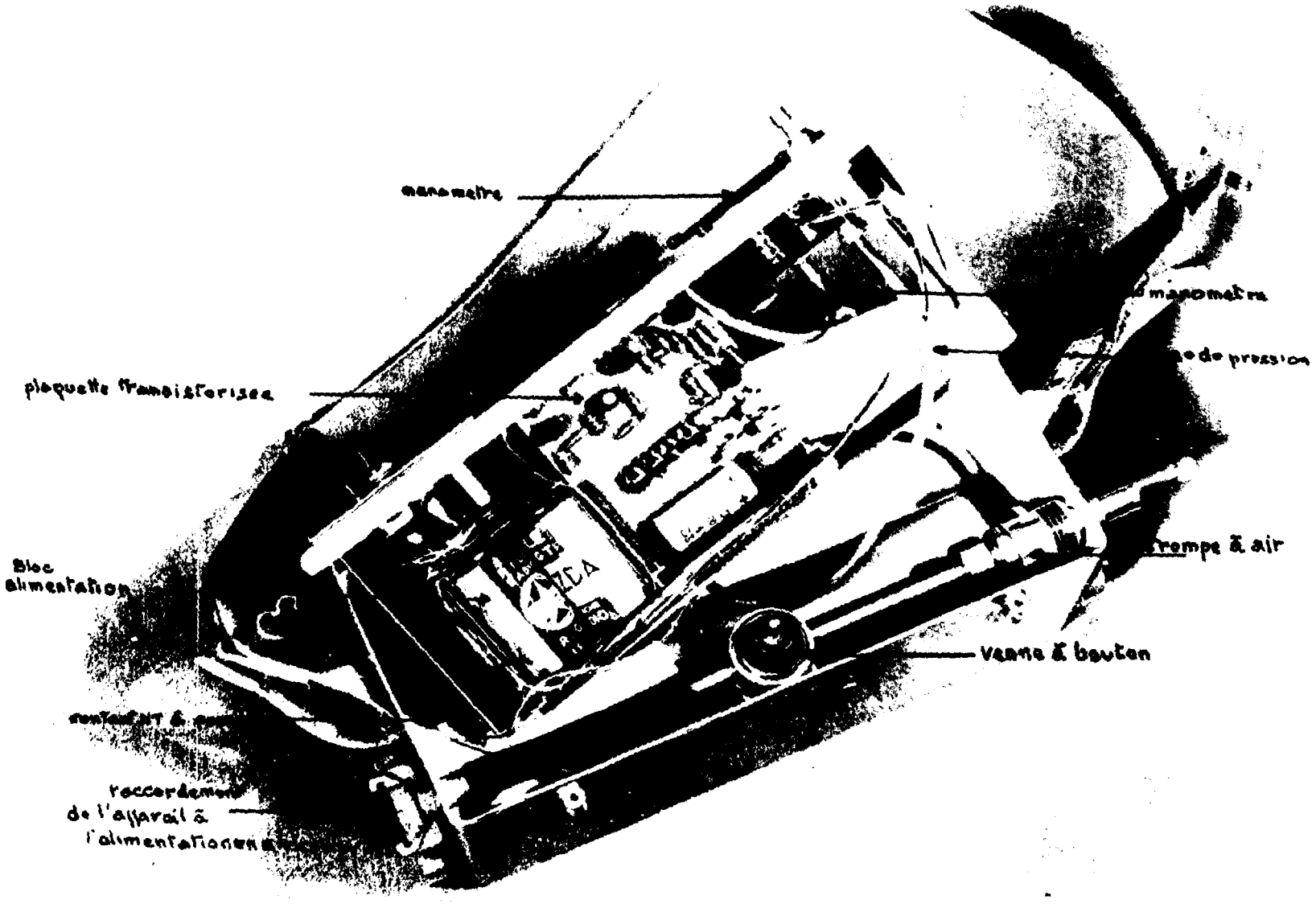


Fig. 10 - Appareil de prospection par le radon (détails)

APPAREIL DE MESURES RADON DANS LE SOL

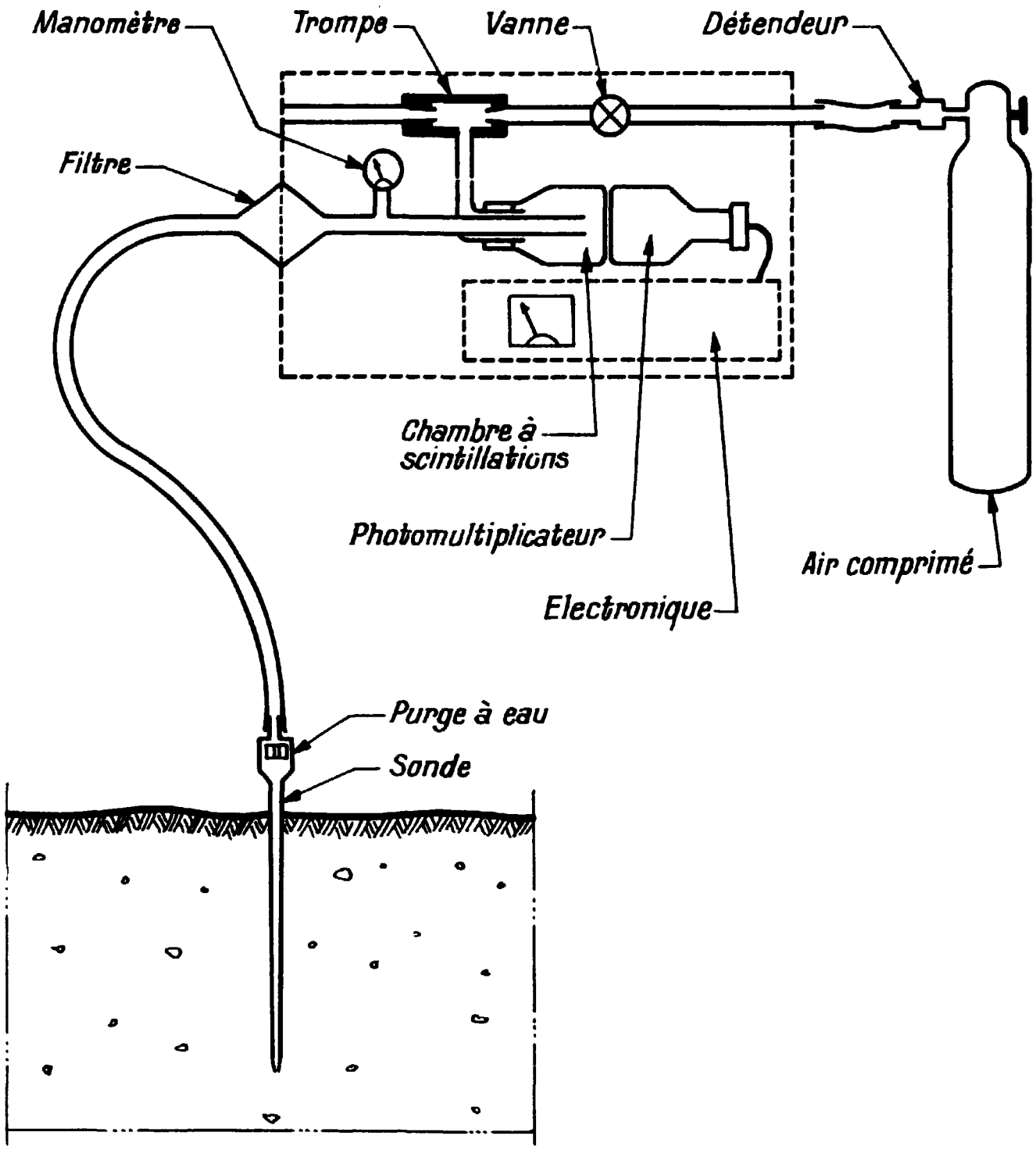


Fig. 11 - Schéma de principe

ANNEXE II

LA PROSPECTION EMANOMETRIQUE SUR LA DIVISION DE VENDEE

par MM. PUYBARAUD et TAYEB

Dans le cadre des recherches systématiques dans les périmètres de ses divisions minières, le C.E.A. a entrepris des essais de prospection émanométrique en vue de rechercher des minéralisations nouvelles placées dans des conditions d'étude plus difficiles. Cette méthode a notamment été utilisée en Vendée où la prospection intéresse les massifs granitiques et, en particulier, les parties favorables représentées par les zones fracturées et les contacts entre le granite et les terrains métamorphiques.

L'émanométrie utilise la propriété qu'ont les minéraux uranifères de dégager du radon dans les terrains qui les contiennent. Les essais ont eu, pour but de vérifier que des prélèvements d'air effectués dans les sols pouvaient, par leur teneur en radon, présumer de la présence et de la proximité de minéralisations et ceci d'une façon plus efficace que ne pouvaient le faire des mesures superficielles de radioactivité, les rayons gamma étant arrêtés par des écrans relativement faibles de terre végétale.

Une première série d'essais a d'abord été effectuée de Juin à Décembre 1961 sur un gisement en cours de reconnaissance par travaux miniers : le Chardon, situé à 3 km à l'Ouest de Clisson (Loire Atlantique). Ce gisement est en relation avec une grande faille Sud Nord qui se complique vers le Nord en se résolvant en une série de failles disposées en éventail et qui se minéralise en uranium dans la zone de contact Est-Ouest du granite avec des roches métamorphiques. Le contact proprement dit est précédé de deux intercalations schisteuses parallèles dont l'une correspond à une faille importante.

Les résultats de l'étude émanométrique ont été très satisfaisants :

- une anomalie importante par son intensité a permis de découvrir un point très radioactif. Une tranchée, implantée à cet endroit, a fait apparaître une imprégnation de phosphate d'uranium dans un réseau de diaclases,

- une concordance des anomalies radon avec certaines taches radiométriques de surface a été observée,

- de plus, les indications émanométriques ont mis en relief la grande structure est ouest

du Chardon et ont souligné les directions nord sud. Ce fait s'explique par une diffusion du radon dans les fractures minéralisées, même irrégulièrement, et dans les failles voisines.

Mais il s'avérait que le cadre des essais était trop restreint pour affirmer la valeur de la méthode comme technique de prospection. C'est pourquoi une seconde campagne a été décidée sur la bordure sud du massif granitique de Mortagne, dans la région de la Gaubretière (Vendée), où des prospections devaient être reprises. La zone d'étude est caractérisée par la rareté des affleurements, le recouvrement assez important et la présence de minéralisations riches mais ponctuelles. Les travaux commencés en mars 1962 se poursuivent encore actuellement.

Le but recherché est double :

- essayer de déterminer les relations entre les points radioactifs, de préciser la géologie en dégageant un schéma structural mettant en évidence les filons et certaines failles,

- essayer de trouver d'autres minéralisations non décelables en radiométrie de surface à cause du recouvrement. Ces minéralisations auraient pu être recherchées par mesures de radioactivité dans des trous creusés au moyen d'une tarière, traversant la couverture de terre végétale qui forme un écran aux rayonnements ("radiométrie tarière"). Mais cette méthode est longue, coûteuse et efficace seulement à maille serrée.

Fin juin 1962, 4 500 mesures émanomètriques ont été effectuées.

Une première campagne, faite à la maille 10 x 5 m sur un rectangle de 200 x 220 mètres, a donné d'excellents résultats (plan 1). Tous les points minéralisés, sur lesquels des tranchées avaient été effectuées, ont été mis en évidence et d'autres anomalies ont été trouvées. De plus, il s'est dégagé du levé des structures constituées essentiellement de deux axes parallèles Nord-Ouest, Sud-Est espacés de 160 mètres et réunis par des bretelles N 10° à 30° W.

La vérification effectuée par radiométrie dans des trous de tarière a confirmé les nouvelles anomalies, trouvant en particulier un point minéralisé à forte radioactivité.

Un axe Nord-Ouest, Sud-Est souligne une faille et les directions adjacentes correspondant à des directions de zones broyées, souvent minéralisées, observées dans les fouilles.

Compte-tenu des dimensions relativement importantes des anomalies, il a été décidé alors d'élargir à 25 x 25 mètres la maille de reconnaissance et de couvrir tout le secteur favorable (plan 2). C'est ainsi qu'une zone de 2 400 mètres de longueur sur 700 à 1 100 mètres de largeur a été étudiée dans ces conditions sur les migmatites, la zone de contact et le granite. De plus, la maille a été localement resserrée à 5 x 5 mètres pour préciser l'extension et la valeur de certaines indications.

Les coupures du plan à maille 10 x 5 mètres, qui avaient été déterminées d'après une étude statistique (test de la droite de Henry) ont été conservées : isorades à 5, 10, 23, 45, 100 et 160 (les courbes 10, 45 et 160 ont été supprimées dans les croquis ci-joints pour en faciliter la lecture). Les mesures sont exprimées en chocs par seconde, unité propre à l'appareil utilisé.

Ces travaux ont mis en évidence, en bordure des migmatites, une grande zone d'anomalies discontinues, allongée du nord-ouest au sud-est sur 2 000 mètres de longueur et 50 à 200 mètres de largeur, prolongeant la première zone reconnue et encadrée, surtout à l'est, c'est-à-dire sur le

granite, par des indices beaucoup plus ponctuels. Il semble que la diffusion du radon soit plus grande dans les migmatites que dans le granite et que la maille de prospection doive être adaptée à chaque cas particulier.

Il a été constaté que les points actifs de surface, à l'exception de ceux qui étaient situés dans les zones très humides, étaient englobés dans les anomalies radon.

Une étude de "radiométrie tarrière", entreprise dans le but de déterminer la valeur des anomalies, a montré une bonne concordance qualitative entre les deux séries d'indications; les anomalies radon se traduisent par des augmentations en phosphate d'Uranium. D'une façon générale, les taches actives les plus fortes et les plus étendues ont été obtenues sur les anomalies émanométriques les plus importantes, mais cette règle n'est pas obsolue.

On doit noter la grande sensibilité de la méthode émanométrique, par suite du contraste très élevé des valeurs. Le mouvement propre, de 2 à 4" dans les zones stériles, s'élève jusqu'à 10 ou 16 autour des anomalies. Quelques points dépassent 100 (maximum atteint : blocage de l'émanomètre à 300) dans les zones minéralisées.

A la maille 25 x 25, les structures apparaissent plus grossièrement qu'à la maille 10 x 5 mais la zone anormale est retrouvée dans son ensemble (plan 2).

L'utilisation de la méthode a été gênée par l'eau qui jusqu'en mai, imprégnait certains champs. Dans les terrains très humides, la difficulté d'aspiration de l'air du sol augmente de façon considérable, ce qui se traduit par une forte dépression. Au-dessous de 150 mm de mercure, le temps nécessaire pour faire passer les 20 litres d'air serait de l'ordre de 2 minutes et la mesure n'est plus représentative.

Sur faible recouvrement et notamment en période sèche, les conditions sont également défavorables : l'étanchéité entre l'orifice du trou et l'extrémité de la sonde risque de ne plus être parfaite et, d'autre part, l'air extérieur peut filtrer à travers le sol, ce qui conduit à une sous-estimation des valeurs enregistrées.

Dans de bonnes conditions d'utilisation, des mesures de contrôle ont montré que les valeurs étaient stables.

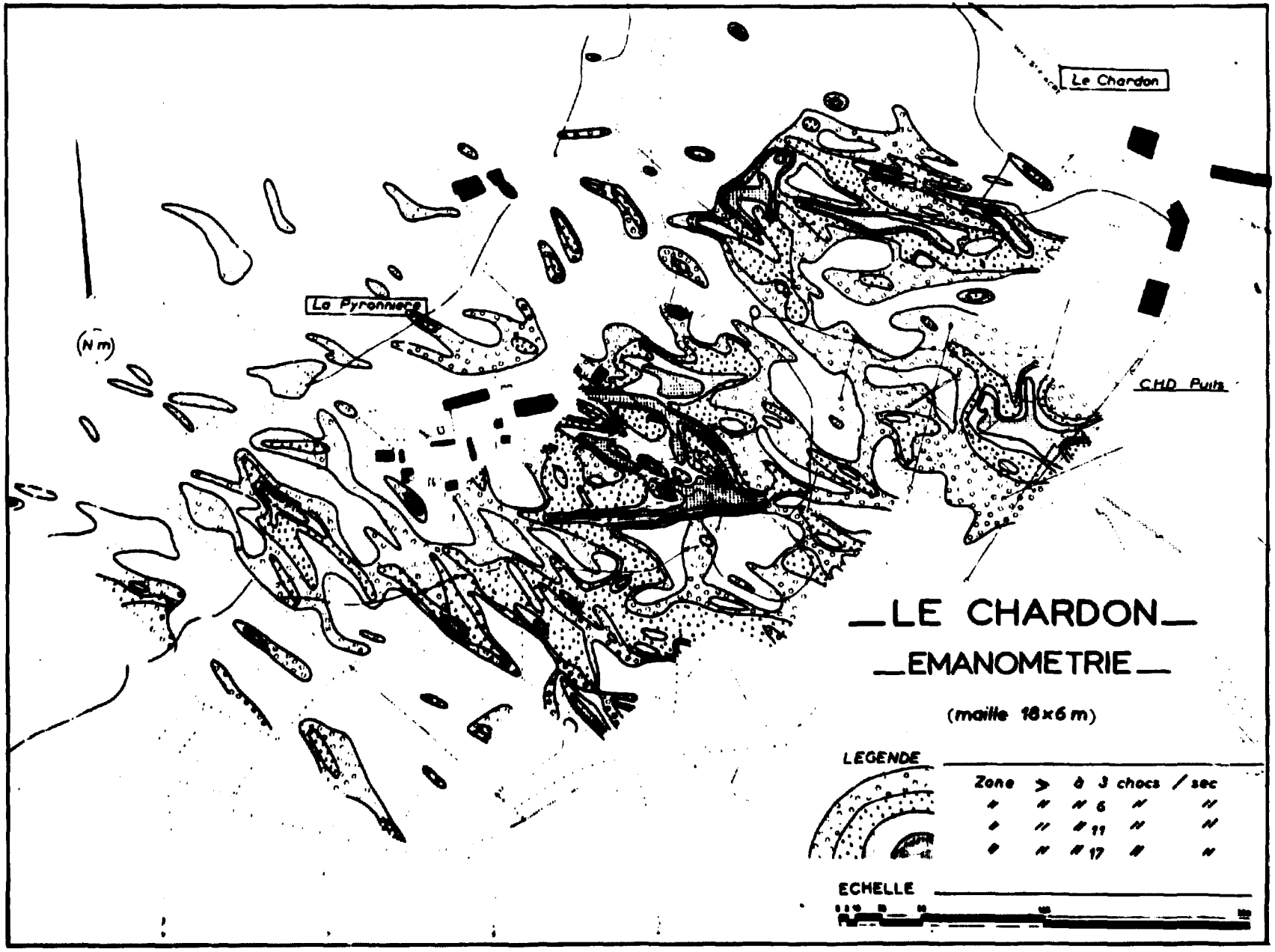
CONCLUSION

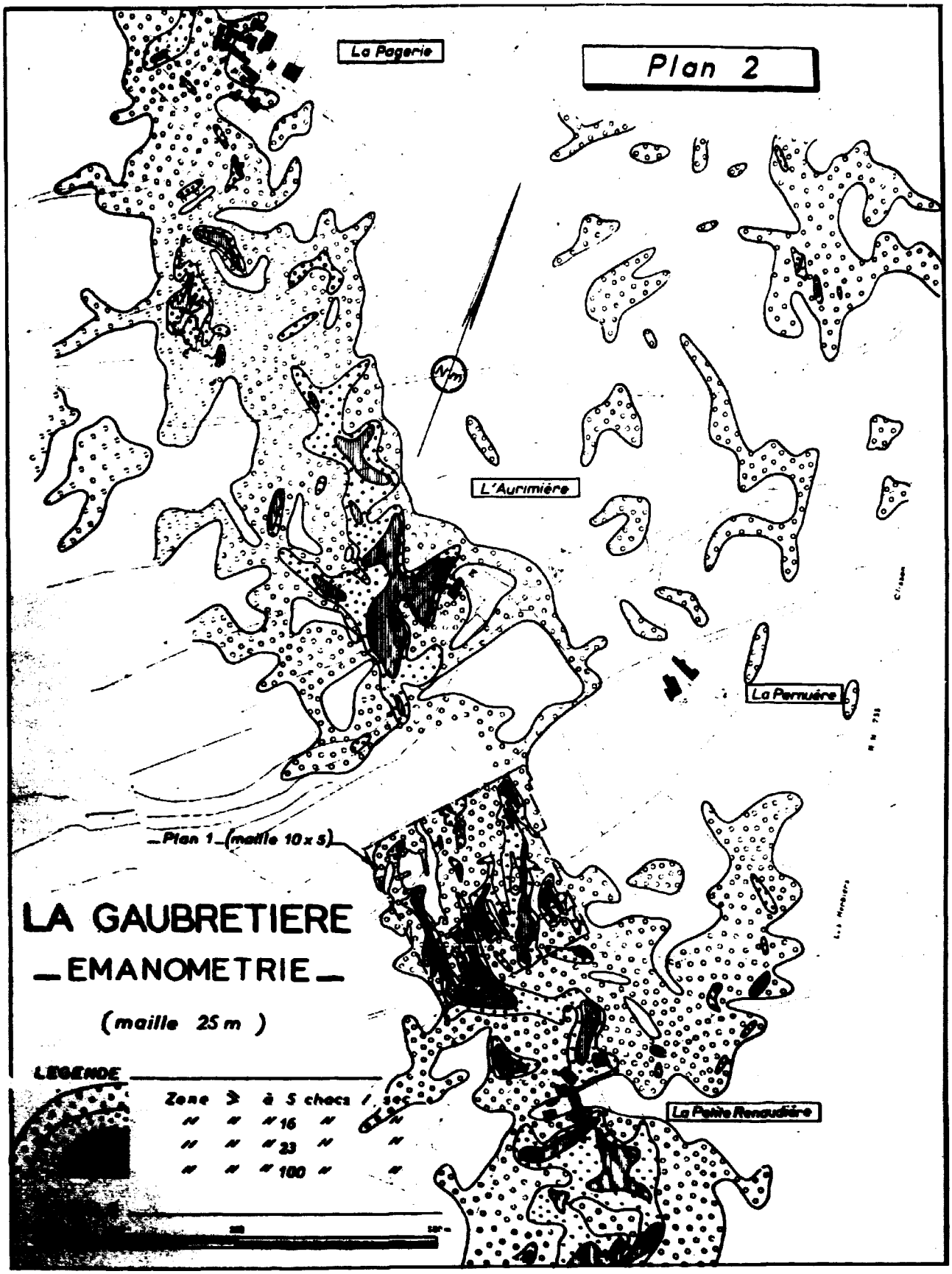
Grâce à la réalisation d'un appareil fidèle à lecture directe, la méthode émanométrique peut apporter d'utiles renseignements dans le cas de zones à recouvrement relativement fort et pas trop humides.

Les anomalies à valeurs élevées correspondent souvent à de la minéralisation et, d'autre part, les plages plus faibles donnent une image des structures plus ou moins grossière selon la maille employée et la diffusion du radon.

L'émanométrie a permis de limiter au maximum l'exécution de trous de tarière, longue et coûteuse, et de contrôler la valeur de certaines zones favorables, telles que les vallées formées suivant des zones tectoniques, où la radiométrie de surface se révèle inopérante, par suite du recouvrement.

Manuscrit reçu le 28 juin 1963


Le Chardon
Le Pyronnera
(N m)
CHD Puits
LE CHARDON
EMANOMETRIE
(maille 18x6 m)
LEGENDE
Zone > à 3 chocs / sec
6
11
17
ECHELLE


Plan 2
La Pagerie
L'Aurimière
La Pernuère
La Petite Renaudière
Plan 1 (maille 10 x 5)
LA GAUBRETIERE
EMANOMETRIE
(maille 25 m)
LEGENDE
Zone ≥ à 5 chocs / sec
" " " 16 "
" " " 23 "
" " " 100 "

FIN